

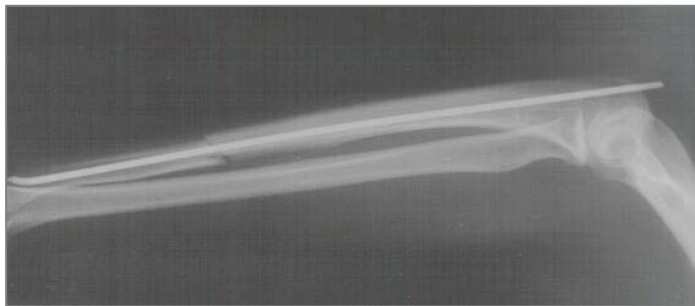
Frage

Wie entsteht eine Röntgenbild ?

Kurzantwort

Die unterschiedliche Schwächung der Röntgenstrahlen im Körper wird bestimmt durch die Art des durchdringenden Gewebes (Zusammensetzung der Atome, Dichte, Dicke) und durch die Energie der Röntgenstrahlung (Röhrenspannung, Filterung). Dadurch kommt ein Bild mit unterschiedlichen Transmissionseigenschaften zustande, das Röntgenbild. Durch dichtes (beispielsweise Knochen) und dickes Gewebe werden Röntgenstrahlen mehr geschwächt als durch lockeres (beispielsweise Lunge) und dünnes Gewebe. Dadurch werden auf dem Röntgenbild Knochen und Metalle als helle und Lungen als dunkle Objekte abgebildet.

Illustration



Röntgenbild eines gebrochenen Unterarms mit Marknagel (Metall) in der Elle. Die Knochen sowie deren Überlagerungen (beim Ellbogen) sind gut sichtbar.



Thorax-Röntgenaufnahme. Das Lungengewebe unterscheidet sich klar vom Weichteilgewebe und von den Knochenstrukturen.

Erklärung

Die Energieverteilung der in einer Röntgenröhre erzeugten Strahlung wird vorerst durch die Filterung verändert, indem vor allem die energiearmen Anteile reduziert werden. Dadurch wird insbesondere im oberflächlich gelegenen Gewebe im Körper weniger Strahlung absorbiert und dadurch eine Schonung erreicht. Diese Strahlung könnte den Körper aufgrund der niederen Energie sowieso nicht durchdringen und damit auch nichts zur Bildgebung beitragen. Beim Durchgang durch das Gewebe des Patienten wird die Röntgenstrahlung geschwächt infolge Absorption und Streuung. Diese Wechselwirkungen finden zwischen einem Röntgenstrahl und einzelnen Atomen statt. Die dafür verantwortlichen Effekte heißen klassische Streuung (Streuung), Photo-Effekt (Absorption) und Compton-Effekt (Absorption und Streuung). Bei der Streuung ändert der Röntgenstrahl seine ursprüngliche Richtung und verursacht dadurch Probleme für den Strahlenschutz und die Bildqualität.

Die Anzahl und die Art der Wechselwirkungseffekte ist abhängig von der Art der Atome im Körper, von der Dichte und der Dicke der Materie. Die Schwächung der Röntgenstrahlung im Körper wird somit durch die Gewebeart (Weichteilgewebe, Lungen, Knochen usw.), deren Dichte und Dicken beeinflusst. Die Intensität der Schwächung ist auch abhängig von der Energie der Röntgenstrahlung. Bei kleineren Energien sind die Transmissionsunterschiede bei dichterem Gewebe (wie Knochen) grösser im Vergleich zu höheren Energien. Dadurch wird der Kontrast eines Röntgenbildes grösser. Andererseits

durchdringen hochenergetische Röntgenstrahlen das Lungengewebe mehr oder weniger undifferenziert, und auf dem Röntgenbild sind Lungenstrukturen kaum zu erkennen.

Das Transmissionsbild stellt das Untersuchungsvolumen als Summationsbild dar; die dreidimensionalen Strukturen werden zu einem zweidimensionalen Bild überlagert. Zur genauen Bestimmung der Grösse und der Lokalisation eines Objektes sind deshalb im allgemeinen zwei senkrecht zueinander stehende Aufnahmen erforderlich oder eine Computer-Tomographie, bei der ein Schnittbild erzeugt wird.

In der konventionellen Röntgendiagnostik wird das Transmissionsbild mit Hilfe von strahlenempfindlichen Detektoren dargestellt, einem bildgebenden System. Am meisten verbreitet ist immer noch der Röntgenfilm (analoge Bildgebung) in einer Kassette zwischen zwei lumineszierenden Verstärkerfolien, welche die Röntgenstrahlen in sichtbares blaues oder grünes Licht umwandeln. Der sogenannte Röntgenfilm ist nämlich nicht besonders empfindlich für Röntgenstrahlen, jedoch - wie der Film in konventionellen Fotoapparaten - für sichtbares Licht. Die Filmschwärzung wird zu 95 – 99 % durch dieses umgewandelte Licht erzeugt und nur zu 1 – 5 % direkt durch die Röntgenstrahlen. Verstärkerfolien und Film müssen bezüglich optimaler spektraler Empfindlichkeit aufeinander abgestimmt sein. Ein anderes bildgebendes System besteht aus Festkörper-Platten (Speicherfolien), welche die auftreffende Strahlenenergie pixelweise speichern (ähnlich wie Thermolumineszenz-Dosimeter). Die gespeicherte Information wird dann mittels Laseranregung freigesetzt und in digitaler Form weiterverarbeitet zu dem Röntgenbild. Weitere Bildsysteme messen die Strahlungsintensität ebenfalls pixelweise direkt in digitaler Form, so z.B. bei Flachdetektoren (Chip im Inneren des Detektors mit mehreren Millionen parallel arbeitenden Photodioden, die Röntgenquanten in elektrische Signale umwandeln). Bezüglich geometrischem Auflösungsvermögen ist der Film aufgrund der kleinen lichtempfindlichen Kristallkörner unübertroffen. Die digitale Bildgebung besitzt den Vorteil, dass die Bildinformation mit dem Computer nachträglich bearbeitet und optimiert werden kann, so z.B. Helligkeits- und Kontrastveränderung, Kantenerstärkung, Vergrösserungen usw. Diese Bilder können elektronisch gespeichert und versandt werden.

Sollen Bewegungsabläufe - z.B. Schluck- oder Darmbewegungen – oder das Einbringen von Implantaten im Körper sichtbar gemacht werden, so ist die Durchleuchtungsuntersuchung die Methode der Wahl. Das auf die sogenannten Bildverstärkerröhre auftreffende Transmissionsbild wird elektronisch verstärkt, indem die Röntgenstrahlen in Fluoreszenzstrahlen, dann in Elektronen und schliesslich wieder in sichtbares Licht umgewandelt werden. Das kleine intensitätsstarke Bild wird im allgemeinen direkt auf einem Bildschirm vergrössert dargestellt. Die Lichtintensität steuert durch Rückkoppelung den Strom in der Röntgenröhre, so dass die Dosisleistung dauernd optimiert wird. Heute kommen auch wesentlich kleinere Festkörper-Detektoren (z.B. amorpher Silizium) anstelle der Bildverstärkerröhren zum Einsatz.

Jakob Roth, Basel, Oktober 2005

Stichworte

Röntgenuntersuchungen, Wechselwirkung zwischen Röntgenstrahlen und Materie, Bildverarbeitung, analoge Bildgebung, digitale Bildgebung, Durchleuchtung